



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MATERIÁLOVÝCH VĚD A INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING

VÝROBA PNEUMATIK

PRODUCTION OF TIRES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ BERÁNEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. EVA NOVOTNÁ, Ph.D., Paed IGIP

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav materiálových věd a inženýrství
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Beránek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba pneumatik

v anglickém jazyce:

Production of Tyres

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Při řešení závěrečné práce se student zmíní o konstrukčních řešeních pneumatik pro osobní automobily, popíše technologické postupy používané při výrobě pneumatik a v závěru práce nastíní další možnosti vývoje.

Cíle bakalářské práce:

Student se ve výrobním závodě seznámí s technologií výroby pneumatik pro osobní automobily a s možnostmi ovlivnění užitečných vlastností finálního výrobku. V závěru své práce zmíní možné směry dalšího vývoje pneumatik.

Seznam odborné literatury:

1. Pacejka, H.B.: Tyre and Vehicle Dynamics. Elsevier, 2006, ISBN 0-7506-6918-7.
2. Mechl, V. a kol.: Gumárenská technologie v Barum Continental spol. s r.o.. COP Zlín, 2011, ISBN 978-80-905002-2-8.
3. Marcín, J.: Pneumatiky - výroba, použití, údržba. SNTL, 1976, 04-617-76
4. Marcín, J., Zítek, P.: Pneumatiky. SNTL, 1985, 04-626-85
5. Dočkal, V.: Pneumatiky. CVUT, 1998.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Novotná, Ph.D., Paed IGIP

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 13.2.2013

prof. Ing. Ivo Dlouhý, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je popsat výrobu pneumatik a jejich konstrukci. Její součástí je také popsat moderní trendy ve výrobě a nastítnit budoucnost pneumatik.

Klíčová slova

Pneumatika, plášť pneumatiky, výroba pneumatik, kaučuková směs, konfekce, lisování a vulkanizace.

Abstract

The intention of this bachelor's thesis is describing of the production and construction tires. The part of this thesis includes modern way in construction and future of the tires.

Key words

Tire, tire casing, production of tire, India rubber compounds, confection, stamping and vulcanization.

Bibliografická citace

BERÁNEK, L. *Výroba pneumatik*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 44 s. Vedoucí diplomové práce Ing. EVA NOVOTNÁ, Ph.D., Paed IGIP.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci Výroba pneumatik vypracoval a napsal samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. EVY NOVOTNÉ, Ph.D., Paed IGIP a uvedl všechny zdroje.

V Brně dne 12. května 2013

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. EVĚ NOVOTNÉ, Ph.D., Paed IGIP. za připomínky a poskytnuté rady. Dále bych rád poděkoval Ing. MARTINOVÍ MUŠINSKÉMU, Ph.D. za poskytnuté rady a odbornou exkurzi. Také děkuji své přítelkyni za trpělivost a rodičům za poskytnuté finanční zázemí.

Obsah

1	Úvod	11
2	Pneumatiky	12
2.1	Historie	12
2.2	Charakteristika pneumatiky	14
2.3	Požadavky na pneumatiky	14
2.4	Hlavní části pneumatiky	16
2.5	Struktura pneumatiky	17
2.5.1	Radiální pneumatiky	17
2.5.2	Diagonální pneumatiky	18
2.6	Značení pneumatik	19
2.7	Definice rozměrů pneumatik	20
3	Výroba pneumatik	21
3.1	Výztužné materiály	22
3.1.1	Kordové tkaniny	22
3.1.2	Hybridní materiály	22
3.1.3	Ocelové kordy	22
3.1.4	Dráty pro patní lana	22
3.2	Kaučuková směs	22
3.2.1	Přírodní kaučuk	23
3.2.2	Syntetický kaučuk	23
3.2.3	Základní složky kaučukových směsí	24
3.3	Míchání kaučukových směsí	25
3.3.1	Míchání směsí I. stupně	25
3.3.2	Míchání směsí II. stupně (finální směs)	26
3.3.3	Vícestupňové míchání	26
3.3.4	Tandemové míchání	26
3.3.5	Kontrola kvality finálních směsí	26
3.4	Vytlačování	27
3.4.1	Narůstání materiálu po vytlačování	27
3.4.2	Vícešnekové vytlačovací stroje pro kombinované profily	27
3.4.3	Hlavy vytlačovacích strojů	28

3.4.4	Linka na zpracování vratných odpadů.....	28
3.5	Válcování polotovarů z kaučukových směsí.....	28
3.5.1	Strojní zařízení pro válcování polotovarů	28
3.5.2	Válcování profilů na čtyřválcí	29
3.5.3	Válcování a sdružování fólií na tříválcí.....	29
3.5.4	Válcování profilované vnitřní gumy.....	30
3.6	Nanášení kaučukových směsí	30
3.6.1	Pogumování ocelového kordu	30
3.6.2	Pogumování textilního kordu	31
3.7	Mechanické dělení výztužných materiálů.....	32
3.8	Výroba patních lan	32
3.8.1	Technologie výroby čtyřhranných lan	33
3.8.2	Technologie výroby hexa a penta lan	33
3.9	Konfekce plášťů pneumatik	33
3.9.1	První stupeň konfekce	33
3.9.2	Druhý stupeň konfekce	34
3.10	Lisování a vulkanizace plášťů pneumatik.....	34
3.11	Dokončování a kontrola výrobků.....	35
3.11.1	Test uniformity	36
4	Moderní směry ve výrobě pneumatik	37
4.1	Systémy rozšířené mobility.....	37
4.1.1	Mini Spare Tyre.....	37
4.1.2	Runflat systémy	37
4.1.3	Pláště Contiseal.....	38
4.2	Bezvzduchové pneumatiky	39
5	Exkurze	40
6	Závěr	41
7	Seznam použitých zdrojů	42
8	Seznam obrázků	44

1 Úvod

Pneumatiky jsou nedílnou součástí automobilového průmyslu, která velkou měrou ovlivňuje jízdní vlastnosti vozidla. První automobily s dřevěnými koly měly špatnou přilnavost k vozovce a to vedlo k vynálezu pneumatiky. S vývojem automobilů se nároky na pneumatiky zvyšovaly. Bylo zapotřebí vytvořit pneumatiku, která by odolávala větším rychlostem, měla co nejmenší valivý odpor a přitom vydržela co nejdéle. Proto se dnes výrobci snaží vyrobit takové pneumatiky, které by co nejlépe splňovaly požadované vlastnosti.

V této práci popisuji technologický postup výroby pneumatik a následnou kontrolu. Také se zaměřuji na nové směry ve výrobě pneumatik a možné budoucí produkty. Díky exkurzi ve výrobě pneumatik jsem měl možnost se podrobně seznámit s postupem výroby a používanými technologiemi.

2 Pneumatiky

Úkolem pneumatiky je zajistit bezprostřední styk vozidla s vozovkou. Musí přenášet zatížení vozidla, zprostředkovat přenos kroutícího momentu a reakce na volant, zajistit uspokojivé vlastnosti při jízdě (adheze, tlumit nerovnosti na vozovce, nepřenášet vibrace na vozidlo). Pneumatiky by měly mít minimální valivý odpor, což se projeví na spotřebě pohonných hmot. [5]

2.1 Historie

V dobách, kdy vznikl automobil, se ještě kola objevovala v podobě dřevěných disků, plných či loukoťových, které byly okovány železnou obručí. Tato kola jen pramálo pozměnila svůj tvar od dob Babyloňanů, Asyřanů, Egyptanů a dalších kultur. Rozdíl byl pouze v tom, že tehdy byla kola ještě zcela dřevěná. Kolo, které nejspíše vynalezli Sumerové před 5 000 lety, se příchodem automobilu začalo intenzivně vyvíjet a zdokonalovat. [1]

Při počátcích výroby automobilů se velmi brzo ukázalo, že dřevěná kola se železnou obručí jsou součástí, která podstatně brání vývoji automobilu. Tato dřevěná kola bránila zejména zvýšení rychlosti automobilu a jeho průjezdnosti. Na nevalných provozních vlastnostech se také podílela i pohonná jednotka (parní stroj), která měla nízký výkon, a nepevněné cesty, do nichž se kola těžkého vozidla bořila. [1]

Jedním z nejdůležitějších předpokladů vynálezu pneumatiky byl objev vulkanizace přírodního kaučuku sírou. Vulkanizace byla objevena roku 1839 Charlesem Goodyearem a to pomocí náhody, když mu na plotnu kamen upadl kousek gumy. Když gumu seškrabával, všiml si, že určitá část gumy se změnila na pružný a tvrdý materiál. Po řadě dalších pokusů, kdy se snažil zjistit, jak dlouho a na jakou teplotu musí surovou gumu ohřát, aby dosáhl požadovaných vlastností, dostal konečně roku 1844 patent. [23]

Jako první si v roce 1845 nechal své pneumatiky patentovat Robert William Thomson. První patentovaná pneumatika (obr. 1 [24]) využívala několik tenkých nafouknutých hadic omotaných kolem obruče. Výhodami této pneumatiky byla schopnost odolat i několika defektům a umožňovala i jízdu za různých podmínek. Výroba však byla složitá a nákladná. Thomson tímto svým patentem doslova předběhl dobu, neboť dopravní prostředky ještě nebyly natolik rozšířené, aby Thomsonův vynález našel praktické uplatnění. [7]



Obr. 1 První patentovaná pneumatika [24]

Plné pryžové obruče se objevily kolem roku 1867. Roku 1873 je použil Francouz Amédée Bollée u svého parního omnibusu, který dosahoval rychlosti 42 km/h. [1]

Dalším důležitým mezníkem v rozvoji pneumatik byl rok 1888, kdy veterinář J. B. Dunlop získal patent na pneumatiku plněnou vzduchem [1]. V této době již byla zavedena sériová výroba jízdních kol, kde se pneumatika plněná vzduchem výborně uplatnila. Dunlopův patent se od roku 1903 začal uplatňovat i v letectví [7]. V roce 1894 následoval další patent, jehož předmětem je pneumatika, kde byla patka zesílena drátem [1].

J. F. Palmer si v roce 1892 nechal patentovat kordovou tkaninu jako náhradu kříženého výztužného materiálu, který se používal do té doby. Tím, že zabránil přímému vzájemnému dotyku nosných nití v místě křížení, výrazně prodloužil životnost výztužného systému. Tím výrazně prodloužil i životnost celé pneumatiky. K průmyslovému zavedení kordové tkaniny jako základního výztužného materiálu došlo v letech 1914 až 1925. [4]

Základní materiál pro výrobu kordové tkaniny se během vývoje měnil. Na první pneumatiku, která byla ve světě vyrobena, byl použit irský len. Později byl irský len nahrazen bavlnou a v roce 1923 byl objeven kord na bázi regenerované celulosy, který se obecně nazývá rayon. V roce 1937 byl poprvé uplatněn jako výztužný materiál ocelový kord. Během druhé světové války byl v roce 1942 zaveden polyamidový nárazník. Roku 1962 byl zaveden kord polyesterový, v roce 1967 kord na bázi skleněných vláken a v roce 1976 kord aramidový. [4]

Urychlovače vulkanizace byly do výroby zavedeny počátkem 20. století a antioxidanty v roce 1924. Zavedení gumárenských sazí spadá do stejného období. [4]

V roce 1931 se ze syntetických kaučuků poprvé objevil neopren, poté následoval blokově polymerovaný polybutadien. První plnohodnotné pneumatiky, které byly založeny na bázi syntetického kaučuku, byly vyrobeny roku 1934. K jejich výrobě byl použit kaučuk butadien-styrenový. V roce 1945 byl použit syntetický „přírodní kaučuk“. [4]

Roku 1904 byl jako funkční strukturní součást pneumatiky zaveden plochý běhoun. O rok později byl běhoun opatřen vzorkem, který zlepšoval přenos sil mezi vozovkou a vozidlem. [4]

Roku 1935 se prosazují moderní rozměry pneumatik. Zároveň byly zahájeny práce na přípravě nízkoprofilových pneumatik. V poválečném období došlo k největší změně

v konstrukci pneumatik, k zavedení radiální pneumatiky. V roce 1950 byla do výroby zavedena bezdušová pneumatika. [4]

Vynálezem a rozvojem pneumatiky bylo dosaženo podstatného zvýšení adheze kola s vozovkou, snížení valivého odporu a zlepšení plynosti jízdy. Tento rozvoj umožnil zvýšení rychlosti z původních 15 km/h po dnešní hranici přes 1000 km/h u speciálních rekordních automobilů. [1]

2.2 Charakteristika pneumatiky

Dle normy je pneumatika souborný název pro plášť, popřípadě duši, a ochrannou vložku namontovanou na ráfek kola. Plášť (u bezdušové pneumatiky), popřípadě duše (u dušové pneumatiky), jsou naplněny tlakovým médiem. [3]

Pneumatiku lze hodnotit z několika hledisek [1]:

- z hlediska geometrického lze pneumatiku považovat za uzavřený prstenec (toroid),
- z hlediska pevnosti a pružnosti lze pneumatiku chápat jako tlakovou nádobu, přičemž stěny můžeme nahradit pružnými membránami,
- z hlediska složení jednotlivých částí vzhledem k jejich různým vlastnostem lze brát pneumatiku jako těleso s anizotropními vlastnostmi.

2.3 Požadavky na pneumatiky

Požadavky, které jsou kladeny na pneumatiky, můžeme rozdělit podle dvou základních hledisek (obr. 2 [1]) [1]:

1. Funkční požadavky jsou důležité zejména pro konstruktéry vozidel, kteří z nich vycházejí při konstrukci vozidel. Důraz je kladen zejména na ty parametry pneumatik, které ovlivňují jízdní vlastnosti vozidla. Jsou to především ty, které ovlivňují dynamické chování vozidla ve směru horizontálním (ovladatelnost, stabilita, akcelerace, decelerace) i vertikálním (frekvence odpérování hmot, jízdní komfort). Některé požadavky jsou ale protichůdné. Např. je žádoucí, aby pneumatiky svou radiální pružností snižovaly přenos vibrací na vozidlo při buzení nerovnosti vozovky. Na druhé straně je radiální poddajnost příčinou vlastních vibrací kostry pláště při přejíždění krátkých nerovností a vede k radiálním deformacím pneumatiky, s jejichž velikostí souvisí odpor valení pneumatiky. Proto jsou požadované vlastnosti pneumatiky určitým kompromisem.

2. Provozní požadavky jsou důležité hlavně pro uživatele vozidel. I zde dochází k některým rozporům mezi požadavky. Např. v kontrastu s nižší cenou diagonálních pneumatik a jejich snazší montáží ve srovnání s pneumatikami radiálními stojí jejich nižší životnost.

Pneumatika	
Funkční požadavky	Provozní požadavky
Nesení tíhy vozidla	Snadná obsluha (huštění)
Radiální tuhost, resp. pružnost	Jednoduchá a snadná montáž
Přenos tečných a bočních sil (dostatečná adheze)	Vysoká spolehlivost
Nízký valivý odpor	Nízké opotřebení (životnost)
Nízké emise hluku	Relativně dostatečná stálost vlastností s opotřebením desénu
Nízký přenos vibrací	Odolnost proti průrazu
Dostatečný odvod vody ve styku s vozovkou (aquaplaning)	Stabilita spojení s ráfkem
Signalizace stavu jízdy (vratný moment)	Možnost bezpečného zastavení při ztrátě huštění
Symetrie sil a momentů	Nízká hmotnost
Relativní stálost sil a momentů	Nízká cena

Obr. 2 Přehled základních požadavků na pneumatiky [1]

Požadavky na pneumatiky lze zkoumat i z jiného úhlu pohledu, kde můžeme požadavky rozdělit do čtyř základních skupin (obr. 3 [1]) [1].

Požadavky na pneumatiky	
Aktivní bezpečnost	Komfort
- Rychlostní odolnost (max. rychlost) - Trvanlivost - Odolnost proti průrazu - Jízdní bezpečnost na různém povrchu (sucho, mokro, sníh, led)	- Tlumení nerovnosti vozovky - Nízký přenos hluku a - Jednoznačnost řízení - Klidná jízda (nízká obvodová nerovnoměrnost)
Hospodárnost	Vztah k životnímu prostředí
- Odolnost proti opotřebení - Životnost - Valivý odpor - Schopnost obnovení (protektorování) - Pořizovací cena	- Hlučnost - Schopnost recyklace

Obr. 3 Členění požadavků na pneumatiky podle charakteristických vlastností [1]

2.4 Hlavní části pneumatiky

Mezi hlavní části pneumatiky (obr. 4 [14]) patří [5]:

Kostra – základní nosná část pláště, vyrobená z textilních nebo ocelových kordových vložek a patního lana.

Běhoun – vnější pryžová část z kaučukové směsi o požadované tloušťce, do níž je vlisován dezén. Zajišťuje přímý kontakt s vozovkou, chrání kostru před poškozením. Musí mít maximální přilnavost k vozovce za všech klimatických podmínek, co nejvyšší životnost a odolnost proti otěru.

Bočnice – vyrobena z kaučukové směsi, chrání kostru v boční části, musí být odolná proti prolamování, bočnímu průrazu a povětrnostním vlivům. Nese popisky rozměru.

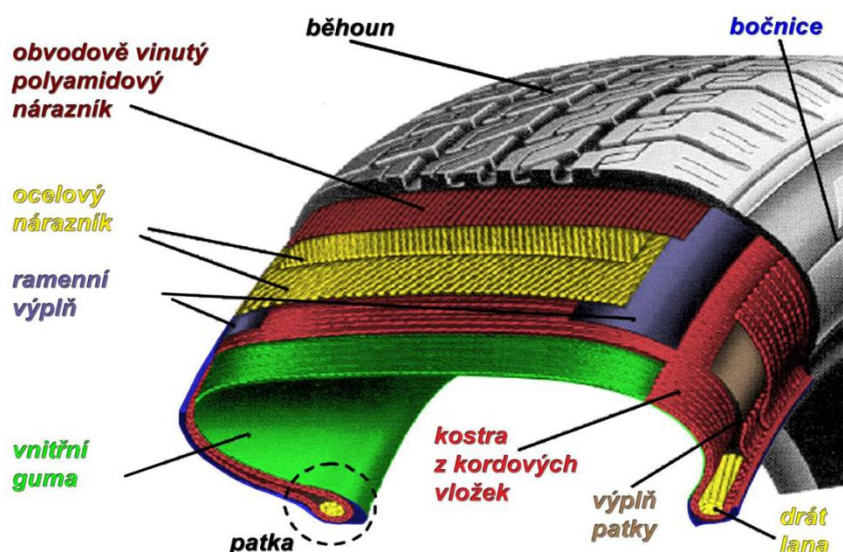
Patka – zaručuje pevné usazení pláště na ráfku. Hlavní částí je neprotržitelné ocelové patní lano, kolem něhož jsou přehnuty kraje kordových vložek kostry. Proti mechanickému poškození je chráněna textilním nebo pryžovým patním páskem.

Nárazník – je uložen mezi kostrou a běhounem, zajišťuje obvodovou pevnost pláště a odolnost proti průrazu. Může být textilní, ocelový nebo v jejich kombinaci.

Vnitřní guma – vnitřní folie nebo profil ze speciální plyněpropustné kaučukové směsi (halobutyl). Zabráňuje prostupování síry při vulkanizaci, vyrovnává nerovnosti uvnitř pláště, zajišťuje plyněpropustnost. Obvykle se používá zkratka VG.

PAD nárazník – polyamidový nárazník překrývá ocelové nárazníky. Jeho vlákna směřují po obvodu pláště, což zvyšuje odolnost pláště vůči vysokým rychlostem.

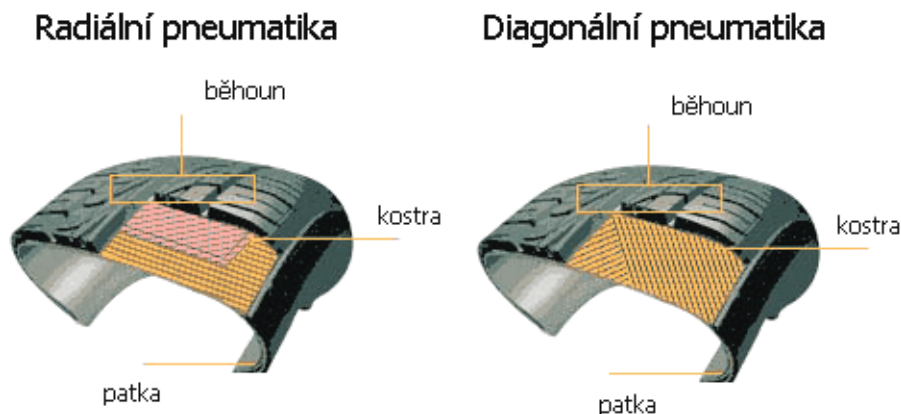
Další části – rameno pláště, meziguma, patní pásy, výplně.



Obr. 4 Hlavní části pneumatiky [14]

2.5 Struktura pneumatiky

Z hlediska struktury rozlišujeme pneumatiky radiální a diagonální (obr.5 [13]). Diagonální pneumatiky jsou na ústupu, ale stále se ještě používají u některých nákladních, zemědělských a průmyslových vozidel. Téměř všechny pneumatiky, které se dnes používají, jsou radiální. [13]



Obr. 5 Vlevo – radiální pneumatika, Vpravo – diagonální pneumatika [13]

2.5.1 Radiální pneumatiky

Radiální pneumatika je složena z vrstvy proužků textilu, kde je každý proužek uložen kolmo ke směru pohybu pneumatiky. Na koruně je kordová tkanina ukončena pásem koruny, který je vytvořený z několika vrstev výztužných ocelových nárazníků. Jednotlivé vrstvy se pokládají různým způsobem na bočnicích a na koruně tak, že každá část je speciálně řešena k výkonu své funkce.

Vyztužení bočnic je vytvořeno pomocí jedné tenké textilní vrstvy a jedné tenké vrstvy pryže. Koruna je směrem dovnitř pokryta pásem ocelových nárazníků. Taková konstrukce umožní tuhost kostry a pružnost bočnic.

Smykové napětí v bočnicích mezi paralelními vlákny je slabé a pryž je relativně tenká. Proto nevzniká velké tření ani teplo. Na koruně si síť zachovává téměř úplně svůj tvar. Díky tomu je pneumatika stabilní a při jízdě zůstává přitisknuta k povrchu vozovky. Díky minimálním deformacím se prodlužuje životnost pneumatiky.

Radiální pneumatika se dotýká povrchu vozovky téměř celou plochou, i když není zatížena. Při zatížení si pneumatika zachová původní šířku, styčná plocha vzroste pouze podélně.

Když je pneumatika v pohybu, nemění se šířka styčné plochy (obr. 6 [13]). Zatížení ovlivňuje pouze délku styčné plochy. Z toho vyplývá, že nepravidelnosti na vozovce nemají vliv na šířku kontaktní plochy.

Pružné bočnice fungují jako kloubový závěs mezi kolem a běhounem, proto pneumatika může zůstat celou plochou běhounu na zemi. Proto lze udržovat žádoucí směr jízdy i v případě působení příčných tlaků. [13]



Obr. 6 Stopa, kterou zanechává radiální pneumatika při provozu [13]

2.5.2 Diagonální pneumatiky

Diagonální pneumatika je tvořena několika textilními vrstvami, které jsou položeny šikmo od jednoho patkového lana ke druhému ve střídavém směru. Počet textilních vrstev závisí na nosnosti pneumatiky a na jejím rozměru. Proužky jsou na sebe vrstveny stejným způsobem jak na bočnicích, tak i na koruně pneumatiky.

Protože jsou vrstvy uloženy diagonálně, pneumatiky mají při podélném trakčním pohybu tendenci se nepatrně zužovat a rozšiřovat v závislosti na namáhání (obr. 7 [13]). Důsledkem těchto mikropohybů vzniká tření v místech, kde pryž obklopuje síť. Kvůli tření vznikají energetické ztráty ve formě vznikajícího tepla, což v dlouhodobém působení zapříčiňuje zhoršení kvality pneumatiky a tím i snížení její životnosti.

V případě, kdy diagonální pneumatika není zatížená, má při kontaktu se zemí kulatý až elipsovitý tvar. Při zatížení se postupně zplošťuje. Čím větší je zatížení, tím více jsou krajní části běhounu tlačeny k zemi a střed běhounu je od povrchu oddalován. To má negativní vliv na přilnavost.

Pokud při jízdě po rovné silnici dojde k chvilkovému přetížení, styčná plocha pneumatiky je velká. Při následném odlehčení se styčná plocha zmenší. Vlivem toho diagonální pneumatika prochází sérií menších a větších kontaktů s vozovkou v závislosti na nerovnostech vozovky.

Vlivem bočních sil nesedí pneumatika na zemi celou plochou kvůli nepružnosti bočnic. Jeden okraj běhounu má tendenci se odlepit od země, zatímco druhý okraj je zmáčkнутý. Výsledkem je značná ztráta původního směru. [13]



Obr. 7 Stopa, kterou zanechává diagonální pneumatika při provozu [13]

2.7 Definice rozměrů pneumatik

Na obrázku 9. [17] jsou uvedeny základní rozměry pneumatik a ráfků spolu se všeobecně používanou terminologií [17]:

Vnější poloměr (OR) – poloměr nezatížené pneumatiky, nazuté na ráfku a nahuštěné předepsaným tlakem

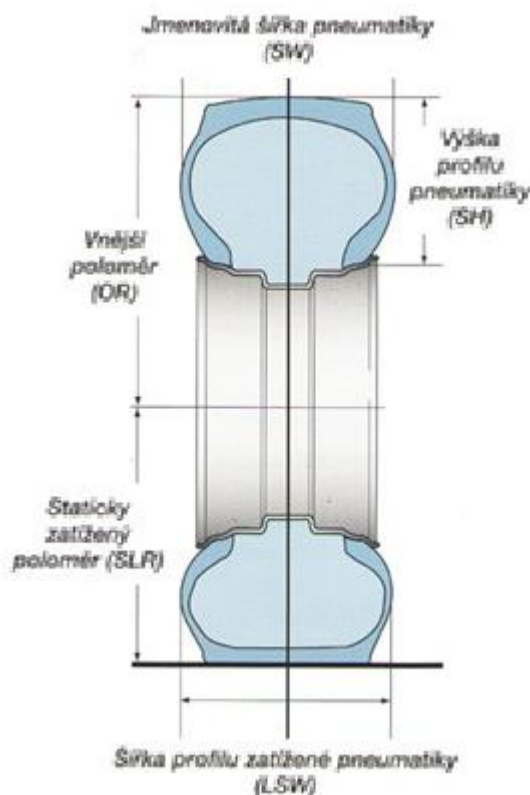
Jmenovitá šířka pneumatiky (SW) – jmenovitá šířka nahuštěné pneumatiky na měřicím ráfku bez nápisu nebo dekorace

Výška profilu pneumatiky (SH) – vzdálenost od dosedací plochy patky pneumatiky k vnějšímu obrysu běhounu nahuštěné pneumatiky

Šířka profilu zatížené pneumatiky (LSW) – šířka zatíženého průřezu pneumatiky

Staticky zatížený poloměr (SLR) – vztyčená výška od povrchu vozovky ke středu kola při jmenovitém zatížení/nahuštění pneumatiky

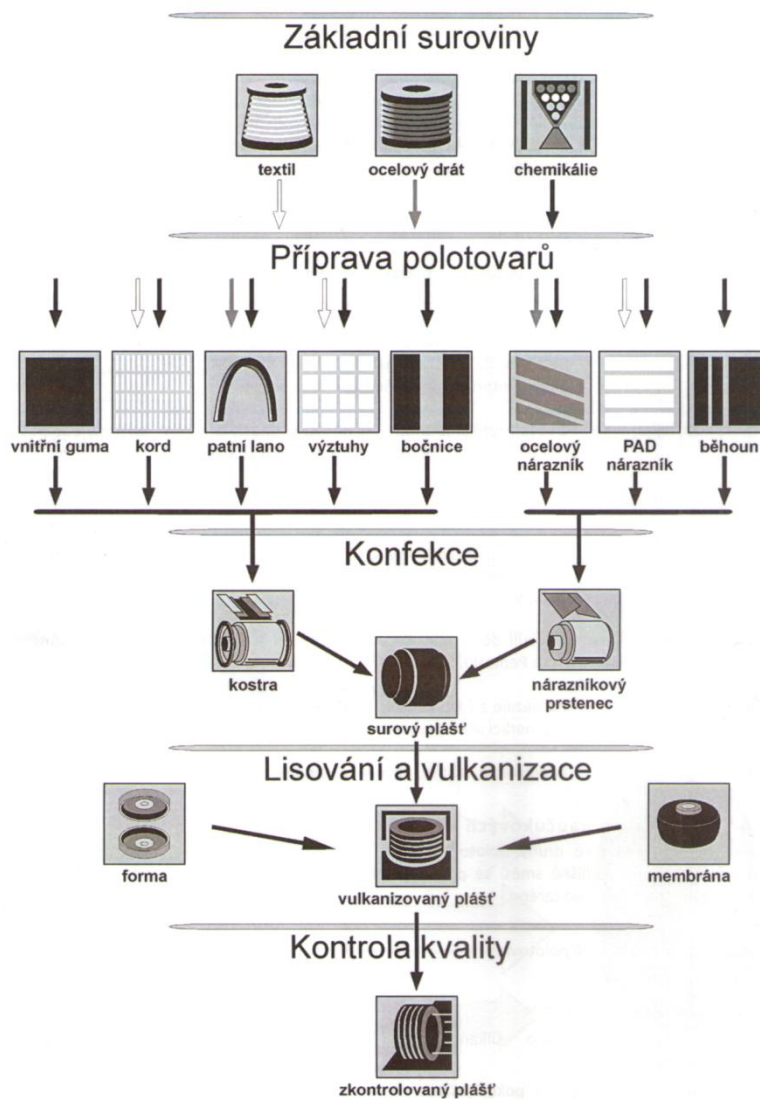
Profilové číslo – výška profilu pneumatiky (SH) vyjádřená jako procento jmenovité šířky pneumatiky (SW)



Obr. 9 Rozměry pneumatiky [17]

3 Výroba pneumatik

Pneumatika je komplexní high tech produkt, který je složen přibližně z 15 komponent. Výrobní proces (obr. 10 [5]) se skládá z jednotlivých operací, které na sebe navazují. Jsou to příprava materiálu, konfekce, vulkanizace a kontrola kvality. Pneumatiky pro osobní automobily jsou složeny z jednotlivých polotovarů, jako jsou rozmanité typy výztužných materiálů, patní lana a různé druhy profilů z kaučukových směsí. Výztužné materiály jsou ocelové a textilní kordy. Tyto základní komponenty jsou spolu provázány k získání specifických vlastností pneumatik. [11]



Obr. 10 Výrobní proces pneumatiky [5]

3.1 Výztužné materiály

Výztužné materiály lze rozdělit podle materiálu použitého pro výrobu. Rozlišujeme dva hlavní výztužné materiály [5]:

- textilní materiály,
- ocelové materiály.

Mezi textilní materiály řadíme kordové tkaniny a hybridní materiály. Mezi ocelové materiály patří ocelové kordy a dráty pro patní lana.

3.1.1 Kordové tkaniny

Osnova kordové tkaniny je tvořena vysoce pevnou kordovou přízí, která má různou konstrukci, tloušťku a pevnost. Útek se vyrábí z bavlny nebo speciálního vlákna. Šířka kordové tkaniny je do 1500 mm a délka 1000 ÷ 2500 m. Kordové tkaniny jsou upraveny impregnací, aby byla zaručena dobrá adheze s kaučukovou směsí. [5]

3.1.2 Hybridní materiály

Tyto materiály vznikly z požadavků na minimální protažitelnost a vysokou pevnost, ale zároveň potřebné protažení textilních materiálů při výrobě. To vedlo ke vzniku materiálu, který je spleten ze dvou vláken rozdílných vlastností. Nylon dodává schopnost protažení, která je nezbytná při spojování polotovarů a zejména při lisování, aramid zajišťuje pevnost a jeho protažení je minimální. [5]

3.1.3 Ocelové kordy

Dostava ocelového kordu je tvořena pouze ocelovými nitěmi, které jsou splétané z tenkých drátků podle potřeby. Pro dosažení vyšší adheze s kaučukovou směsí se drátky pobronzují nebo pomosazují. [5]

3.1.4 Dráty pro patní lana

Pro patní lana se používá ocelový drát, který je upravený pomosazením nebo pobronzováním. Používají se dráty o průměru 0,89 mm pro osobní pláště a 1,8 mm pro nákladní pláště. [5]

3.2 Kaučuková směs

Kaučuk je hlavní složkou kaučukové směsi. V gumárenském průmyslu se používá jak kaučuk přírodní, tak i syntetický [4]. Kaučuk je makromolekulární termoplastická látka. Za působení vulkanizačních činidel přechází ze stavu plastického na stav elastický. Tato chemicko-fyzikální reakce se nazývá vulkanizace. Pro získání požadovaných vlastností se do směsi přimíchávají další přísady. [5]

3.2.1 Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk (PK) je obsažen v latexu. Ten je produktem kaučukodárných stromů a keřů, které rostou na plantážích v oblasti rovníku. Nejvýhodnější pro výrobu je druh *hevea brasiliensis*. Největšími producenty PK jsou Malajsie, Indonésie, Thajsko, Srí Lanka, Indie, Libérie, Nigérie, Brazílie, Vietnam a některé další země, kde jsou vhodné podmínky pro pěstování kaučukodárných stromů. Latex se získává „čepováním“, což znamená, že se kůra stromu šikmě nařízne až ke kambiu a vytékající latex se shromažďuje do nádobek (obr. 11 [16]). Nasbíraný latex se přelévá do nádrže, která je určena na přepravu k dalšímu zpracování. [4]

Latex obsahuje asi 40 % kaučuku. Ten se z latexu získá vysrážením pomocí kyseliny octové nebo kyseliny mravenčí. Získané bloky PK se následně propírají vodou, poté se suší a nakonec se konzervují uzením. Nejčastěji se dováží PK v balících o hmotnosti 35 kg. [5]



Obr. 11 Získávání kaučuku z kaučukodárných stromů [16]

3.2.2 Syntetický kaučuk

Syntetický kaučuk (SK) je nepostradatelná surovina v pneumatikářském průmyslu. Nejen že nahrazuje omezené zdroje PK, ale dokonce má v některých případech lepší fyzikálně mechanické vlastnosti než PK. [2] Základní surovina, z které se vyrábí syntetický kaučuk, je ropa. Česká republika je výrobcem butadienstyrenového syntetického kaučuku, který nese obchodní název Krallex.

Nejpoužívanější druhy syntetických kaučuků jsou [5]:

- **butadienstyrenový (SBR)** - nejvíce se používá pro výrobu směsi pro běhoun,
- **butadienový (BR)** - zlepšuje fyzikálně-mechanické vlastnosti směsi,
- **izoprenový (IR)** - používá se do všech částí pláště v kombinaci s PK,
- **butylkaučuk (IIR)** - používá se při výrobě membrán pro lisování pláštěů,
- **halobutylkaučuk (HIIR)** - má vysokou odolnost proti průchodu vzduchu.

3.2.3 Základní složky kaučukových směsí

Vulkanizační činidla- látky, které jsou schopné vytvářet chemickou reakci tvorbou příčných vazeb mezi řetězci kaučukového uhlovodíku. Mezi nejznámější vulkanizační činidla patří síra, oxidy kovů a reaktivní pryskyřice. [5]

Urychlovače - látky, které zvyšují rychlost síťování. Také zvyšují účinnost vázání síry na makromolekuly kaučuku ve formě příčných vazeb. Z technologického hlediska je přítomnost urychlovače v kaučukové směsi důležitá zejména pro podstatné zkrácení času potřebného k vulkanizaci a umožňuje snížení teploty a obsahu síry v kaučukové směsi. [2]

Aktivátory - látky zvyšující účinek vulkanizačních činidel. Mezi nepoužívanější patří ZnO. Používá se zejména kvůli schopnosti vytvářet se sírou a urychlovači komplexy generující síťující sirné fragmenty. Přítomnost kyselin zvyšuje rozpustnost těchto komplexů v kaučuku. [2]

Retardéry - látky, které zpomalují rychlost síťování v hlavní fázi vulkanizace. Zvyšují zpracovatelskou bezpečnost směsi. Nejvíce se používá Santogard PVI, Vulkalet G a Duslin. [2]

Změkčovadla - přísady, které se do kaučukových směsí přidávají na zlepšení její zpracovatelnosti. Zvyšují její plasticitu a lepkavost, snižují zpracovatelskou teplotu a energii spotřebovanou při přípravě směsi. Mezi nejznámější patří aromatické oleje, parafinické oleje, kalafuna a asfalt. [2]

Ztužující plniva - zvyšují viskozitu kaučukové směsi a podstatně zvyšují pevnostní charakteristiky, pružnost, pevnost a odolnost proti oděru. Nejčastěji se používají saze a silika. [2]

Neztužující plniva - zvětšují objem kaučukových směsí a tím zlevňují výrobek. Nejčastěji se používá křída, kaolín a vápenec. [5]

Antidegradanty, antioxidanty, antiozonanty- zabraňují předčasnému stárnutí pryže vlivem působení kyslíku, světla a dynamického namáhání. Mezi nejvíce používané patří 6PPD, 77PD, DTPD, TMQ, vosky. [5]

Plastikační činidla - tyto látky zkracují dobu plastikace a odbourávají tuhost kaučuku. Nejčastěji se používají Peptazin a Renacit. [5]

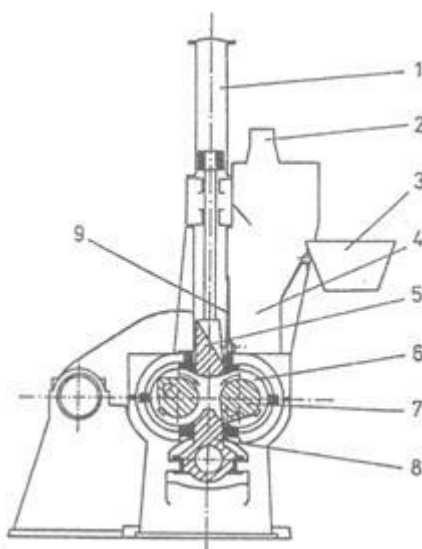
Regenerát - z části nahrazuje kaučuk. Používá se do méně kvalitních směsí. Je vyroben regenerací staré pryže. [5]

Zvláštní přísady - barviva, pigmenty, nadouvadla. [5]

3.3 Míchání kaučukových směsí

Základním procesem gumárenské výroby je míchání kaučukových směsí. Směs pro výrobu plášťů pneumatik je složena kromě kaučuku ještě přibližně z deseti složek. Hlavním úkolem míchání je zajistit co nejdokonalejší a nejrovnoměrnější rozptýlení všech složek směsi. Nedokonalé rozptýlení by mohlo způsobit zhoršení mechanických vlastností pryže. V případě nedokonalého rozptýlení sazí dojde k 30% zhoršení mechanických vlastností.

Nejvyužívanějším zařízením pro přípravu kaučukových směsí je hnětací stroj (obr. 12 [19]). Celý proces míchání řídí počítač. Ten dává povely, kterými jsou ovládána pásová váha, otevírání a zavírání dveří násypky, přívod sazí, chemikálií, změkčovadel, pohyb horního klínu a spodního uzávěru. Míchání probíhá ve dvou stupních. [5]



Obr. 12 Hnětací stroj [19]

1 – vzduchový válec pro klín, 2 – odsávání prachu, 3 – plnění, 4 – plnicí násypka, 5 – přitlačný klín, 6 – míchací komora, 7 – hnětadla, 8 – spodní uzávěr, 9 – klapka

3.3.1 Míchání směsí I. stupně

Při dvoustupňovém míchání směsi se v první fázi připraví směs při teplotě okolo 150°C. Obsluha na pásovou váhu naskládá požadované množství kaučuku, který se řeže na hydraulických řezačkách. Ostatní chemikálie jsou už předem navážené v PE sáčcích, plniva a oleje se přidávají automaticky. Tlak vyvíjený klínem hnětacího stroje je okolo 3 MPa a čas míchání je 4 ÷ 4,5 min. Tyto parametry závisí na druhu konkrétní směsi.

Po uplynutí předepsané doby hnětení se směs vypustí spodním uzávěrem hnětacího stroje do vytlačovacího zařízení. Z vytlačovací hlavy již směs vychází ve formě pásu a dále pokračuje na dvouválcový kalandr. Tloušťka pásu je určena štěrbinou mezi válci. Před chlazením směsi ještě dezénovací válec vytlačí do teplé směsi její identifikaci, a aby se směs nelepila, ponoří se do smáčecí vany, která obsahuje separační roztok. Teplota vystupující směsi je maximálně 36°C. Vychladlá směs se ukládá na

paletu, kde se přiloží lístek obsahující číslo směsi, datum a čas výroby, do kdy má být směs zpracována a označení směny. [6]

3.3.2 Míchání směsi II. stupně (finální směs)

Směs z I. stupně se opět naváží ve formě nasekaného plástu. Nejprve se rozpracuje v mixéru, a když se dosáhne potřebné plasticity, přidá se vulkanizační činidlo a ostatní látky, které jsou naváženy v sáčcích. Teplota míchací komory je nižší než při míchání I. stupně (okolo 110°C) a domíchání trvá velmi krátce. Po zamíchání se směs opět vypustí spodním uzávěrem do extrudéru a přes vytlačovací hlavu prochází ve formě pásu na dvouválcový kalandr. Na kalandru je pás ořezán na požadovanou šířku. Tloušťka pásu je dána mezerou mezi válci. Dezénovací válec vytlačí do teplé směsi její identifikaci. Poté pokračuje do smáčecí vany se separačním roztokem a do chladicího zařízení, kde se pás suší a chladí. [6]

Na konci linky se nachází zařízení, které automaticky odebírá vzorky směsi. Vzorky se posílají potrubní poštou na expreskontrolu, kde se kontroluje kvalita zamíchané směsi. Finální směs se opět skládá na paletu. [5]

3.3.3 Vícestupňové míchání

O vícestupňovém míchání mluvíme, když je mezi I. a II. stupněm směs několikrát přemíchávána. Vícestupňové míchání se provádí z důvodu zvýšení homogenizace. Úprava promíchaných směsí je stejná jako v I. stupni míchání. [6]

3.3.4 Tandemové míchání

U tandemového míchání jsou hnětiče umístěny nad sebou, a vzniká linka, která umožňuje efektivnější a produktivnější míchání směsí. Míchací čas v horním hnětiči se podstatně zkracuje, protože směs je následně promíchána v dolním hnětiči a horní hnětič již míchá další dávku. Výsledkem je kvalitněji zamíchaná směs. [5]

3.3.5 Kontrola kvality finálních směsí

Každá domíchaná finální směs se musí podrobit zkoušce kvality. Ta se provádí na konci míchací linky před uložením na paletu nebo na pracovišti expreskontroly. Vzorek z finální směsi je upraven na požadovanou velikost a je zalisován mezi zahřáté čelisti zkušebního zařízení. Na tomto zařízení se měří vulkanizační charakteristika. Zkouška zaznamenává vulkanizační křivku, která musí procházet předem stanovenými limity. Pokud směs nevyhovuje, je pozastavena a pokud to jde, je přepracována. Když zjištěné nedostatky nelze opravit, je směs vyřazena. Část vzorku se odesílá do laboratoře, kde se stanovují fyzikálně-mechanické vlastnosti vulkanizátoru. [5]

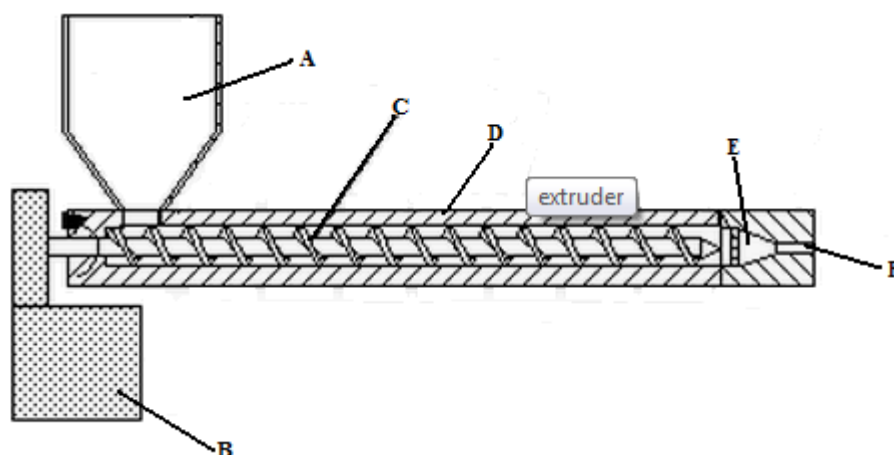
3.4 Vytlačování

Jedna z nejproduktivnějších metod na zpracování kaučukových směsí je vytlačování. Je to proces, kde se kaučuková směs rozpracovává mezi šnekem a pláštěm vytlačovacího stroje a přes šablonu je vytlačena do volného prostoru.

Dělení vytlačovacích strojů (tzv. extruderů) je následující [5]:

- šnekové,
- pístové,
- diskové.

Pro výrobu polotovarů se v gumárenském průmyslu nejčastěji používají šnekové vytlačovací stroje (obr. 13 [15]). Jejich velkou výhodou je nepřetržitý cyklus a lze je zařadit do výrobních linek. [5]



Obr. 13 Šnekový extruder [15]

A – násypka, B – motor s převodovkou, C – šnek, D – plášť, E – vytlačovací hlava, F – šablona

3.4.1 Narůstání materiálu po vytlačování

Profily vytlačeného materiálu se liší od profilu vytlačovací šablony. Profil, který je vytlačený, je vždy větší než otvor v šabloně. Tento jev se nazývá narůstání materiálu. Narůstání je ovlivněno [5]:

- **teplotou vytlačovacího stroje** - nízká teplota vyvolává větší narůstání směsi,
- **rozpracovaností kaučukové směsi** - méně rozpracovaná směs více narůstá,
- **složením kaučukové směsi** - směs s větším podílem kaučuku více narůstá,
- **úkošem na šabloně** - s větším úkošem směs více narůstá.

3.4.2 Vícešnekové vytlačovací stroje pro kombinované profily

V praxi je potřebné, aby některé profily byly vytlačené z více druhů směsí. Proto je nutné použít více vytlačovacích strojů (každý stroj slouží pro vytlačení jiného druhu směsi), které jsou opatřeny sdruženou vytlačovací hlavou. Pod tlakem je materiál veden

před šablonou do hubice na dané místo a následně je spojen s dalšími druhy směsí. Tím, že se směsi spojí v hlavě vytlačovacího stroje, minimalizuje se riziko odseparování jednotlivých vrstev při provozu.

Celý proces vytlačování se řídí vytlačovacím předpisem. Může dojít k odchylkám zpracované směsi, a proto je nutné, aby obsluha linky sledovala šířkové parametry a hlavně aby kontrolovala úsekové hodnoty hmotnosti. Tyto odchylky pak upravuje regulací otáček šneku či odtahovou rychlostí dopravníku tak, aby úseková hmotnost splňovala předepsané hodnoty. Také je nutné dodržovat teplotní režim, aby nemohlo dojít k přehřátí směsi a tím k navulkanizování. [5]

3.4.3 Hlavy vytlačovacích strojů

Pro různé možnosti vytlačování lze volit z široké škály možností konstrukce hlav vytlačovacích strojů. Nejčastěji se při výrobě plášťů používají tyto [5]:

- **přímá hlava pro plný profil** - vytlačování běhounů a bočnic,
- **přímá hlava širokoštěrbinová** - pro zásobování válcových strojů při výrobě vnitřní gumy a nánosování,
- **příčná hlava pro oplášťování** - oplášťování drátu lan a hybridních nárazníků,
- **otevřená hlava s rotačním nožem** - pro rozpracování a ohřátí směsi,
- **čisticí hlava se sítí** - pro čištění a pasírování,
- **hlava ústící do dvouválce** - pro uložení na paletu před dalším zpracováním.

3.4.4 Linka na zpracování vratných odpadů

Polotovary, které nevyhovují, se dopraví na linku zpracování vratného odpadu. Zde se zpracují na dvou rýhovaných dvouválcích a pokračují na hladký zásobovací dvouválec. Vyválcovaný pás pokračuje přes smáčecí vanu do sušičky a ukládá se na paletu. Takto zpracované odpady se přidávají do finálních směsí. [5]

3.5 Válcování polotovarů z kaučukových směsí

Technologický proces, kdy se ze směsi průchodem mezi dvěma válci vytváří pás, se nazývá válcování. Tloušťka pásu je daná mezerou mezi válci. Tento postup se používá k výrobě pásků a jader pro patní lana, různých výplní a profilovaných polotovarů. [5]

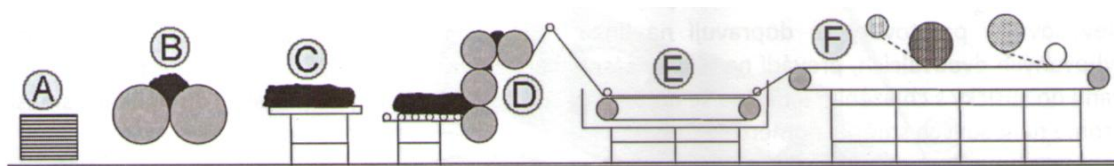
3.5.1 Strojní zařízení pro válcování polotovarů

Válcovací stroje dělíme podle počtu válců na dvouválce a víceválce. Dvouválec se nejčastěji používá k míchání, ohřívání nebo rozpracování směsi. Často slouží jako ohřívací a zásobovací dvouválec pro víceválcové stroje. Tříválec, čtyřválec, případně pětíválec se používají pro výrobu fólií, profilů a k nanášení. Platí, že čím tenčí a kvalitnější povrch chceme, tím větší počet válců musí mít válcovací zařízení.

Víceválcové stroje bývají součástí technologických linek, které bývají obvykle složeny z ohřívací a zásobovací soupravy, víceválcce, chladicího, ohřívacího nebo navíjecího zařízení. [5]

3.5.2 Válcování profilů na čtyřválcí

Válcování na čtyřválcí (obr. 14 [5]) je starší metoda, která se používá pro výrobu nestandardních profilů. Provádí se na čtyřválcí typu obrácené L. Směs rozehrátá a rozpracovaná na dvouválcí pokračuje na čtyřválec. Aby byla směs vyválcována, musí být čtvrtý válec profilovaný a vyměnitelný. Konečný profil pokračuje přes chladicí dopravník a je navíjen do cívek se zábaelem. Nevýhodou je malá produktivita a zdlouhavá výměna při změně sortimentu. [5]

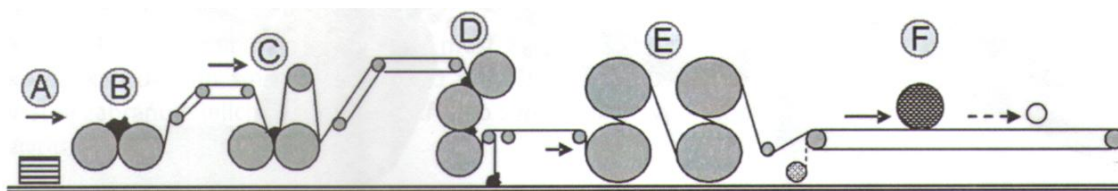


Obr. 14 Válcování profilů na čtyřválcí [5]

A – paleta s kaučukovou směsí, B – ohřívací dvouválec, C – svitek rozpracovaného materiálu, D – čtyřválec, E – chladicí vana, F – navíjení polotovaru do cívky se zábaelem

3.5.3 Válcování a sdružování fólií na tříválcí

Směs, která je ohřátá a rozpracovaná ze dvouválcce, pokračuje na tříválec. Směs prochází mezi mezerami válců a je vytvořena fólie o tloušťce, která je dána mezerou mezi válci. Šířka je určena ořezávacími noži. Fólie pokračuje přes chladničku a poté je navíjena do cívky se zábaelem. Při sdružování se k fólii přivádí už jednou vyválcovaná fólie nebo pogumovaný kord, který je pomocí přitlačného válce přesně naveden na fólii a dojde ke zdvojení. [5]



Obr. 15 Válcování fólií na tříválcí [5]

A – paleta s kaučukovou směsí, B – rýhovaný dvouválec, C – zásobovací dvouválec, D – tříválec, E – chladnička, F – navíjení do cívky

3.5.4 Válcování profilované vnitřní gumy

Válcování vnitřní gumy (VG) se provádí na čtyřválcí. Dva vytlačovací stroje, které jsou zásobovány studenou směsí z palety, vytlačují fólie, kterými zásobují mezery mezi 1. a 2., 3. a 4. válcem. Válce jsou profilované a jsou nastaveny na konečnou tloušťku fólie. Kotoučové ořezávací nože upravují fólii na přesnou šířku. Spodní fólie má požadovanou šířku a horní fólie se rozřezává na dva ramenní pásy o požadované šířce. Vyválcovaná fólie pokračuje na kovový chladicí dopravník, kde dochází k dublování pomocí přítlačného válce. Vychlazený polotovár je spolu se zábalen navíjen do kazet. [5]

3.6 Nanášení kaučukových směsí

Nanášení, tzv. pogumování ocelových a textilních kordů, patří k důležitým operacím při výrobě pneumatik. Je nutné opatřit výztužný materiál vrstvou kaučuku, která má několikýrý účel [5]:

- **Izolace jednotlivých nití kordové nebo technické tkaniny**

Každé vlákno ocelového i textilního kordu musí být od sebe izolováno. Zaplnění textilu kaučukovou směsí musí být co nejvyšší a původní struktura podložky musí být zachována. Izolace zabraňuje vzájemnému tření o sebe a snižuje vývin tepla za jízdy. Taky zajišťuje požadovanou životnost pláště.

- **Možnost konfekce pláště**

Při konfekci je nutné vrstvy výztužných materiálů spojit mezi sebou a také s ostatními polotovary. Toho se docílí lepivostí nanesené vrstvy kaučukové směsi.

- **Elasticita kostry pláště**

Elasticitu zajišťuje pryž v kostře pláště. V různých částech se používá různá tuhost nánosové kaučukové směsi podle požadované tuhosti.

- **Ochranná vrstva**

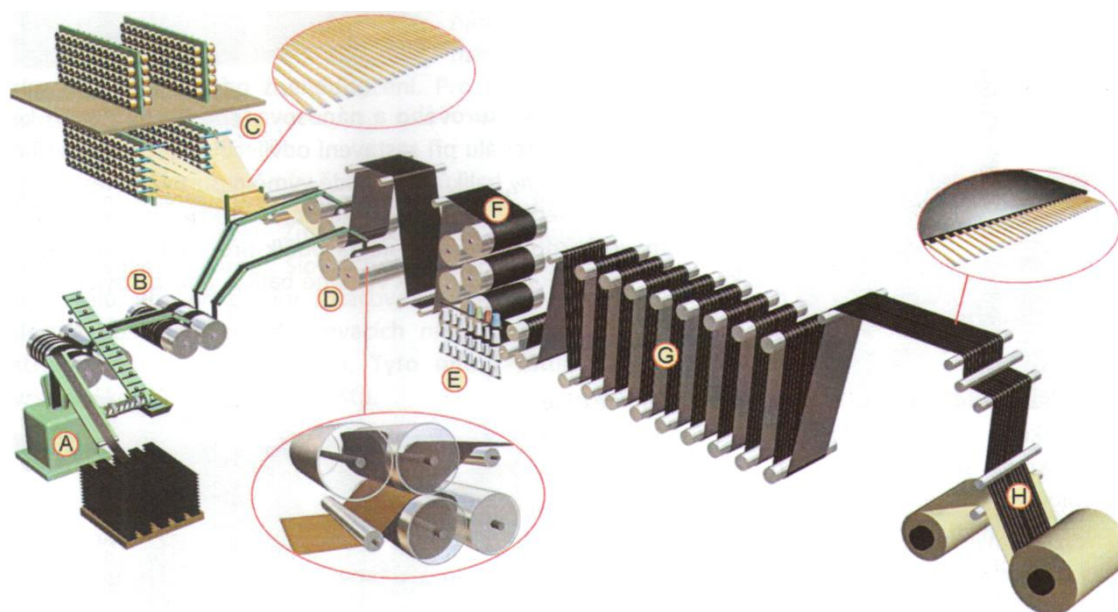
U patních pásků a monofilů pryž tvoří vrstvu chránící samotný textil před poškozením při montáži na ráfek.

3.6.1 Pogumování ocelového kordu

Kaučuková směs je po ohřátí na dvouválcí dopravena mezi dvě štěrbiny čtyřválce a vyválcovaná teplá fólie se nanáší na ocelový kord z obou stran. Běžná pracovní rychlost pogumování je nad 50 m/min. Pracovní šířka pogumovaného materiálu je až 1500 mm.

Kordy jsou odvíjeny ze speciální cívečnice, která je vybavena elektromagnetickými brzdami. Ty zabezpečují dokonalé napnutí ocelového kordu. Prostor, kde jsou cívečnice uloženy, musí být klimatizovaný, aby na povrchu ocelových nití nevznikala vlhkost, která by způsobovala zhoršení adheze. Samotný čtyřválec je opatřen mosazným hřebenem s přítlačným drážkovacím válcem, který slouží k rovnoměrnému rozmístění ocelových nití na stanovenou dostavu. Rovnoměrné

rozložení nití je velice důležité pro kvalitu pneumatiky. Speciální rotační nůž ořezává pogumovaný kord na požadovanou šířku. Poté se pogumovaný kord chladí soustavou válců a navíjí se do cívek spolu se separační fólií. [6]

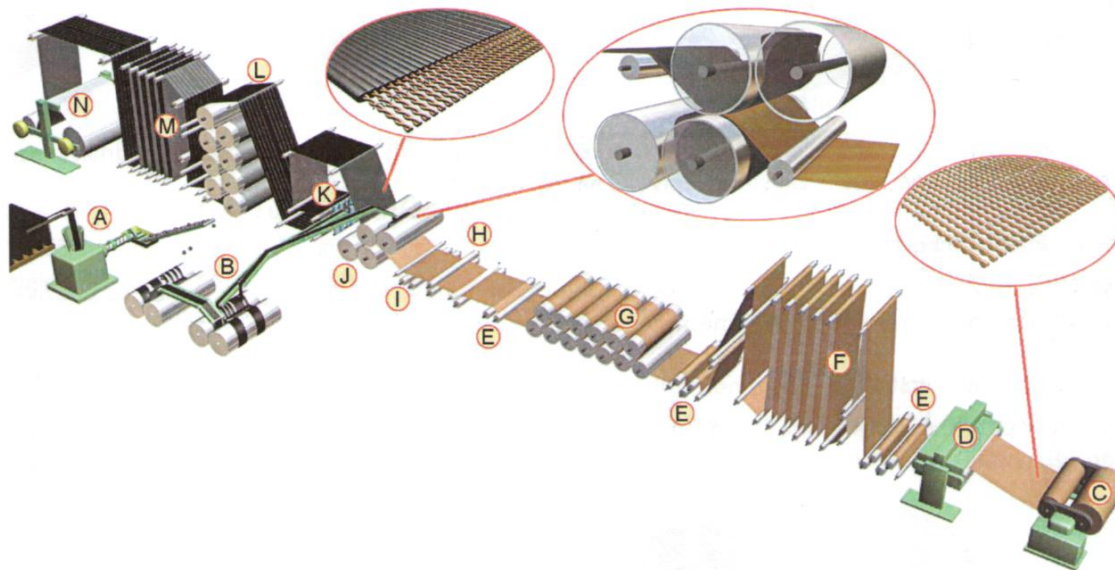


Obr. 16 Linka pro oboustranné nánosování ocelového kordu [5]

A – ohřívací extruder, B – ohřívací a zásobovací dvouválec, C – cívečnice, D – čtyřválec, E – pokládání nití, F – chladnička, G – zásobník pogumovaného kordu, H – navíjecí stanice

3.6.2 Pogumování textilního kordu

Moderní pogumovací linky umí pogumovat textil rychlostí až 90 m/min při produkční šířce 2100 mm. V odvíjecí stanici jsou umístěny 2 balíky textilie. Odtud jsou tažnými válci odvíjeny přes spojovací lis do zásobníku. Zásobník je soustava válců, které slouží k napínání kordu. Poté se kord odvíjí do sušičky, což je opět soustava válců, které jsou vyhřáté na teplotu 125°C. Dále pokračuje textilní kord mezi 2. a 3. válcem čtyřválce. Mezi 1. a 2. stejně jako mezi 3. a 4. válcem se vytlačuje směs na pogumování. Takto pogumovaný textilní kord je ještě opatřen odvzdušňovacími nitěmi. Dále kord pokračuje do chladničky, kde se chladí na teplotu 25 ÷ 30°C. Odtud kord pokračuje do napínacího zařízení, které slouží nejen k napnutí kordu, ale také jako zásobník při výměně cívky, do které je kord spolu se separační fólií navíjen. [6]



Obr. 17 Linka pro oboustranné nánosování textilního kordu [5]

A – ohřívací extruder, B – ohřívací a zásobovací dvouválec, C – odvíjecí stanice, D – parní spojovací lis, E – tažné válce, F – zásobník surového kordu, G – sušička, H – napínací zařízení, I – středící zařízení kordu, J – čtyřválec, K – pokládání nití, L – chladnička, M – zásobník pogumovaného kordu, N – navíjecí stanice

3.7 Mechanické dělení výztužných materiálů

Pro vlastní konfekci je důležité, aby nánosované výztužné materiály byly upraveny. To se provádí řezáním, stříháním nebo sekáním. Účelem je získat přesný rozměr a úhel řezu. K tomuto se používají různé typy sekacích, stříhacích nebo řezacích strojů. Textilní materiál se dělí kotoučovým nebo rovným nožem (gilotinou) a ocelový materiál se dělí pouze gilotinou. Řezací a stříhací stroje jsou nastavitelné. Pro nosný kord jsou úhly řezu $45 \div 90^\circ$, pro nárazníky jsou to úhly $18 \div 28^\circ$. Takto rozdělené dílce se následně mechanicky nebo ručně spojí v nekonečný pás, který je navíjen do kazet se záballem. [5]

3.8 Výroba patních lan

Jednou z velmi důležitých součástí každého pláště jsou patní lana. Patní lana zajišťují dokonalé usazení pláště na ráfku. V patce je lano ukotveno přehnutými okraji kordových vložek a také dalšími výztužnými materiály, které zajišťují tuhost, pevnost a bezpečnost patky. Stavba lan je konstruována podle druhu a použití pláště. Bezpečnost několikanásobně převyšuje maximální hodnotu hustícího tlaku. Jako základ se používají vysokopevnostní ocelové dráty. [5]

3.8.1 Technologie výroby čtyřhranných lan

Používá se ocelový drát, který má průměr 0,89 mm. Povrch drátu je upraven pobronzováním nebo pomosazením pro zvýšení adheze. Potřebný počet drátů uložených na cívkách v cívečnici se odvíjí a prochází přes hlavu vytlačovacího stroje, kde je oplášťován kaučukovou směsí. Po ochladnutí směsi se dráty opatřené kaučukovou směsí navíjí na konfekční kolo do předepsaného počtu vrstev. Průměr kola je závislý na průměru patky a konstrukci pláště. Navinuté vrstvy se odseknou a hotové lano je zajištěno tlakem nebo páskem technické tkaniny. Pro výrobu lan pro osobní automobily se používá plně automatizovaná linka, která vyrábí 4 kusy lan současně. [5]

3.8.2 Technologie výroby hexa a penta lan

Technologie je stejná jako u čtyřhranných lan, ale je použit pouze jeden drát o průměru 1,8 mm. Drát je oplášťován a navinut do lůžka bubnu. Lano má pak v řezu profil víceúhelníku. Tato lana se používají pro nákladní pláště. [5]

3.9 Konfekce pláště pneumatik

Slovo konfekce je převzato z textilního průmyslu, kde konfekce znamená skládání nebo také šití jednotlivých dílců. V gumárenském průmyslu se konfekcí rozumí montáž polotovarů tak, aby jejich vzájemným spojením vznikl surový plášť, který tvarově co nejvíce odpovídá finálnímu výrobku. Je to nejnáročnější operace z celého výrobního procesu výroby pláště pneumatiky. Pracovní procesy při konfekci velkou měrou ovlivňují finální kvalitu výrobku. Na pracovníka vykonávajícího konfekci jsou kladeny velké nároky na zručnost a zodpovědnost, protože na konci je ještě mnoho operací prováděno ručně. Nejvíce je kvalita výrobku na konci ovlivňována operátory, výrobním zařízením, kvalitou polotovarů, prostředím a metodou.

Konfekce osobních radiálních plášťů se provádí dvoustupňovým způsobem. K výrobě jedné surové pneumatiky potřebujeme dvě strojní zařízení. Na prvním se vytváří kostra pláště a na druhém zařízení se po vytvarování kostry plášť dokončí uložení nárazníkového prstence s běhounem. [5]

3.9.1 První stupeň konfekce

Na prvním stupni se vyrábí kostra pláště. Výroba začíná nasazením patních lan na levý narážec. Jádra lan jsou skloněna k sobě. Poté najede koník ke konfekčnímu bubnu a pravé lano se přefoukne na pravou stranu.

Přítlačný válec navine na konfekční buben vnitřní gumu. Spoj se provede automaticky. Konfekcionér jen zkontroluje optimální šířku spoje a centrické uložení všech polotovarů. Kontrola je usnadněna díky laserovým paprskům, které vyznačují místo požadovaného okraje materiálu a střed bubnu.

Poté následuje položení kordové vložky. Ta se navíjí automaticky na konfekční buben pomocí přítlačného válce. Spoj se opět provede automaticky.

Rozevřením konfekčního bubnu se zvětší objem a dojde k naředění navinutého materiálu. Poté se naráží lana pomocí narážců a nafouknutá přehýbací membrána přehne nosný kord přes patní lano.

Dále najede pult s bočnicemi do pracovní polohy. Bočnice jsou automaticky navinuty na předchozí díly pláště a automaticky se provede řez bočnic. Konfekcionér ručně provede spoj bočnic a přerádluje ho válečkem.

Závěrečnou operací prvního stupně konfekce je zaválení bočnic, tj. spodní zaválení a zaválení patní části kostry pláště, obrysové zavalování a boční zavalování pomocí zavalovací kladky. Sklopí se buben a nárazěče najedou do své základní polohy. Konfekcionér kostru sejme z bubnu a vizuálně ji zkontroluje. Kostry, které projdou vizuální kontrolou, jsou položeny v požadované poloze na dopravník. Ten je transportuje ke druhému stupni konfekce. [5]

3.9.2 Druhý stupeň konfekce

Na druhém stupni se vyrábí nárazníkový prstenec. Výroba začíná tím, že se navine na magnetický buben první nárazník. Spoj se provede automaticky. Konfekcionér ho zkontroluje, popřípadě spoj opraví. Spoj se provádí natupo, tzn. bez přesazení drátů těsně k sobě.

Dále se buben natočí pro navinutí druhého ocelového nárazníku. Spoj je opět proveden automaticky a zkontrolován konfekcionérem.

Poté se konfekční bubny otočí o 180°. Tím si vymění pozice. Na prvním bubnu, kde je navinutý ocelový nárazník, se automaticky navine spirála polyamidového nárazníku. Na druhém bubnu se souběžně navijí oba ocelové nárazníky dalšího pláště. Na prvním konfekčním bubnu se po navinutí PAD nárazníku automaticky navine i běhoun. Poté se stanice opět otočí o 180° a konfekcionér ručně provede spoj běhounu. Běhoun je spojován natupo.

Dále najede nad buben transferring a přebere nárazníkový prstenec s běhounem. Buben se sklopí a transferring najede do mezipolohy. Kostra, která byla vytvořena na prvním stupni konfekce, se automaticky nasadí na tvarovací hlavy. Hlavy se mírně rozjedou a pevně tak upnou kostru. Transferring přenesení prstenec nad vydouvací hlavy. Na vydouvacím bubnu dojde k vytvarování kostry pláště a nárazníkový prstenec s běhounem se přilepí na kostru pláště. Transferring se vrátí zpět do mezipolohy. Dále najedou horní a dolní zavalovací kladky, dolní kladky zavalují kraje běhounu a horní kladky zavalují korunu.

Poté, co zavalovací kladky dokončí zavalování, transferring odebere surový plášť z tvarovacích hlav a přenesení ho na odváděcí dopravník. Dopravník transportuje surový plášť k emulgačnímu stroji, kde se vystříká vnitřek pláště, čímž se zabráňuje přilepení pláště k membráně a zajišťuje snadnější klouzání vulkanizační membrány po vnitřním povrchu pláště. [5]

3.10 Lisování a vulkanizace plášťů pneumatik

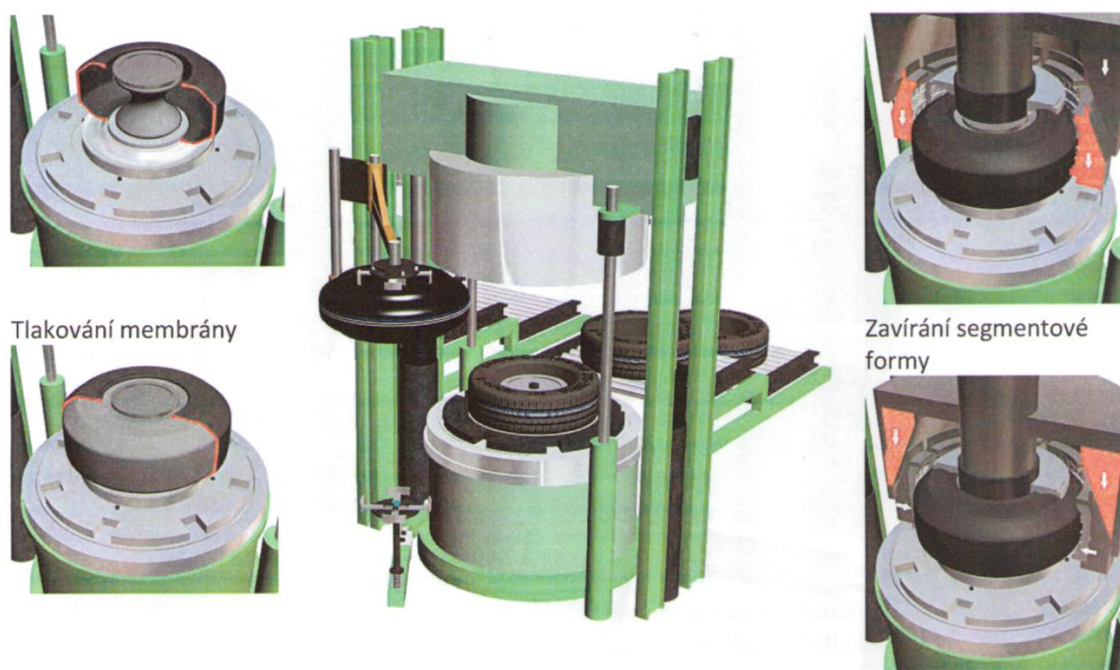
Lisováním a vulkanizací získá plášť pneumatiky svou finální podobu a obdrží požadované fyzikálně-mechanické vlastnosti. Lisování i vulkanizace probíhají současně za přítomnosti vulkanizačních činitelů, kterými jsou teplota, tlak a čas. Lisování probíhá na počátku procesu nástupem lisovacího tlaku a současně dochází k prohřevu surového pláště. Směs zaplní všechny části formy v důsledku působení tlaku a teploty. Při dalším ohřevu nad 120°C začíná probíhat proces vulkanizace. Při vulkanizaci vzniká elastická pryž, která má vlastnosti požadované pro užitnou hodnotu výrobku. Mezi tyto hodnoty

patří tažnost, tvrdost, elasticita, odolnost proti opotřebení, povětrnostním a chemickým vlivům.

Lisování je proces závislý na tlaku. Vulkanizace je proces, při kterém dochází ke strukturním změnám. Molekuly vulkanizačního činidla se vážou s makromolekulami kaučuku. Dochází ke vzniku příčných vazeb a materiál, který byl převážně plastický, se mění na elastický.

K procesu vulkanizace se používá zařízení, které umí vyvinout vysoké tlaky a teploty. Takovými zařízeními jsou vulkanizační lis. Podle způsobu, jakým dosáhneme uzavírací a lisovací síly, rozděluje lis na dvě základní skupiny. Jsou to mechanické a hydraulické lis (obr. 18 [5]). Médium, které ohřívá formu, je pára a horká voda. Pokud ohřev surového pláště probíhá přes kovovou formu přímo, mluvíme o komorovém vytápění. Pokud probíhá přes topnou desku, která ohřívá formu, mluvíme o nepřímém ohřevu.

Vulkanizace je proces, který je závislý na teplotě, a probíhá i po vytažení pláště z lisu. Tomuto procesu říkáme stabilizace. Když je plášť dostatečně elastický, může být vytažen z lisu, ale optimální vlastnosti získá teprve dalším navazováním vulkanizačního činidla. Proto je velice důležité udržet plášť co nejdéle při vysoké teplotě a po tuto dobu zabránit jakékoliv deformaci. Je tedy důležité, aby pláště po vylisování byly odeslány na dokončovnu až po vychladnutí. [5]



Obr. 18 Hydraulický vulkanizační lis a jeho cyklus [5]

3.11 Dokončování a kontrola výrobků

Pláště jsou z lisovny přepraveny pomocí dopravníků na dokončovnu, kde jsou na pracovních ořezávacích plošinách zbaveny přetoků vzniklých lisováním. Poté pláště pokračují k vizuální kontrole. Když je zjištěna závada, je vada označena křídou a grader vyhodnotí, zda se dá vada opravit nebo se jedná o zmetek. Pokud se dá vada opravit, je opravena přímo na dokončovně. Místo, kde je plášť poškozen, se vybrousí, opatří

spojovacím prostředkem, vyplní speciální kaučukovou směsí a zalisuje se v segmentovém lisu, který je elektricky vyhříván. Takto opravený plášť se znovu zkontroluje, a pokud vyhovuje, zařadí se mezi kvalitní pláště. Zmetky jsou znehodnoceny přeseknutím patního lana. Vyhovující pláště pokračují k další kontrole, kterou je test uniformity. [5]

3.11.1 Test uniformity

Slovo uniformita znamená rovnoměrnost nebo stejnoměrnost. Při výrobě pláště je snaha o co nejrovnoměrnější tloušťku stěny po obvodu celého pláště. To ale není možné, protože každý spoj materiálu znamená zdvojení a tedy změnu vlastností v tomto místě. Dodržením šířek a polohování je možné eliminovat vliv spojů.

Test uniformity je kontrola, při které se vytvářejí podobné podmínky (zatížení, huštění a usazení na ráfek) jako při použití na vozidle. Zjišťují se silové nerovnoměrnosti v chování pláště. Při provozních podmínkách nesmí plášť vykazovat odchylku od garantované kvality. Musí mít minimální nerovnosti, boule, vibrace, nesmí se nerovnoměrně a rychle opotřebovávat a musí mít minimální hluk při provozu. Test uniformity zjišťuje geometrické nerovnoměrnosti bočnic a radiální házivost. Také zajišťuje měření bočních a radiálních sil. [5]

4 Moderní směry ve výrobě pneumatik

Výrobci se v dnešní době snaží vyrobit takové pneumatiky, které by měly co největší životnost a zároveň co nejlepší provozní parametry. Toto jsou ale dvě věci, které se těžko kombinují, a proto se výrobci pneumatik snaží dosáhnout co možná nejlepšího kompromisu.

4.1 Systémy rozšířené mobility

Automobilky se snaží o maximální zvětšení zavazadlového prostoru a proto dochází k požadavku odstranit rezervní pneumatiku. Tím sníží i neúčinnou hmotnost a tím klesne i spotřeba pohonných hmot.

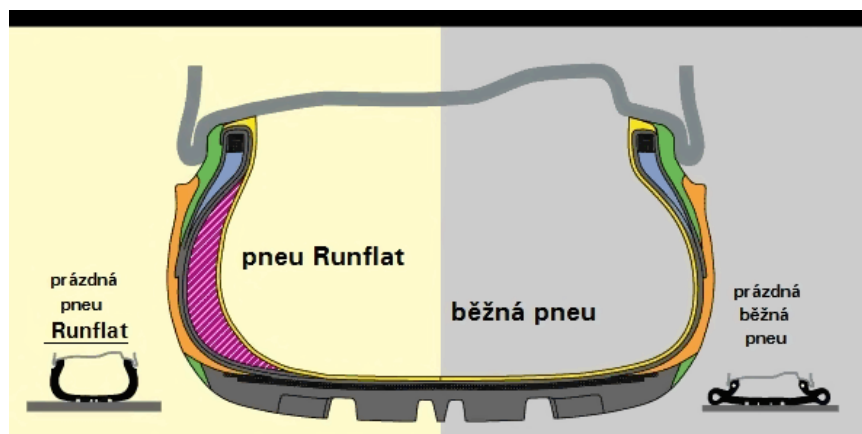
V případě defektu řidič očekává co možná největší komfort a bezpečnost. Ale rezerva je často podhuštěná a není připravena na okamžité použití. Manipulace na vozovce při výměně kola je pro řadu řidičů komplikovaná a potřebují asistenci. Proto se vývojáři snaží vymyslet, jak pomoci řidičům v případě defektu. Řešením jsou systémy známé pod zkratkou EMS – Extended Mobility Systems (systémy rozšířené mobility). [5]

4.1.1 Mini Spare Tyre

Místo plnohodnotné rezervy, která má stejné rozměry jako kola na vozidle, se dnes používají rezervní pneumatiky, které jsou menších rozměrů. Automobil má pak více místa v zavazadlovém prostoru. Nevýhodou těchto menších pneumatik je omezený dojezd a snížení maximální rychlosti na 50 – 70 km/h. Další nevýhoda se projeví po výměně kola, když musíte špinavou pneumatiku vložit do zavazadlového prostoru. [5]

4.1.2 Runflat systémy

Slovem runflat označujeme pneumatiky, které jsou schopné při defektu pokračovat v jízdě. Někdy jsou takové pneumatiky nazývány dojezdové a řada automobilek jimi nahrazuje rezervní pneumatiku. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena. Pneumatiky runflat fungují na principu vyztužených bočnic pneumatiky. U běžných pneumatik dojde při defektu nebo ztrátě tlaku ke zborcení pneumatiky. Po několika kilometrech jízdy s defektem se běžná pneumatika úplně zničí. Oproti tomu pneumatiky runflat s vyztuženými bočnicemi udrží pneumatiku (obr. 19 [22]) na ráfku i při ztrátě tlaku v pneumatice. Při snížené maximální rychlosti (asi 80 km/h) se dá s defektem pokračovat v jízdě dalších 100 až 1000 kilometrů. [8]



Obr. 19 Porovnání runflat pneumatiky s běžnou pneumatikou [22]

4.1.3 Pláště Contiseal

Pneumatiky Contiseal™ (obr. 20 [9]) používají moderní technologie, které zcela zacelí defekt v oblasti běhounu. V oblasti mezi rameny mají pneumatiky lepidlovou vrstvu, která v případě průniku hřebíku nebo předmětu do průměru 5mm okamžitě zacelí otvor způsobený tímto předmětem. Lepivý materiál zabrání úniku vzduchu i v případě, když se předmět, který pneumatiku propíchl, uvolní. V případě defektu se tedy nemusí okamžitě zastavit a měnit pneumatiku, ale lze pokračovat v jízdě bez omezení rychlosti a dojezdové vzdálenosti. [16]



Obr. 20 Pneumatika Contiseal [9]

4.2 Bezvzduchové pneumatiky

S konceptem bezvzduchové pneumatiky (obr. 21 [18]) přišla firma Michelin. Jejich pneumatika nese název Michelin Tweel, což je složenina ze slov „tire“ (pneumatika) a „wheel“ (kolo). Prostor mezi běhounem a kolem je vyplněn pružnými polyuretanovými paprsky, které pohlcují rázy od nerovností a odolávají deformacím v příčném směru. Bezvzduchová pneumatika má srovnatelné vlastnosti z hlediska nosnosti a komfortu a přitom nabízí o 5% nižší valivý odpor a až pětinasobnou příčnou tuhost. [10]



Obr. 21 Bezvzduchová pneumatika [18]

5 Exkurze

Součástí mé bakalářské práce byla odborná exkurze ve výrobě pneumatik. V době, kdy jsem chtěl gumárnu navštívit, probíhala rozsáhlá rekonstrukce objektu. Ale přesto byl pan Mušínský velice ochotný a poskytl mi exkurzi zaměřenou na výrobu pneumatik.

Po příjezdu na místo mi bylo puštěno video, které zachycuje celý proces výroby pneumatik. Tím jsem si udělal celkový obrázek, co všechno je potřeba udělat, aby byla vyrobena jedna pneumatika. Po seznámení s problematikou výroby jsme vyrazili na odbornou exkurzi do výroby.

První zastávka byla u mapy výrobního areálu, kde jsem se dozvěděl základní informace o firmě. Tento areál se skládá z mnoha výrobních hal, kde se vyrobí 60 000 pneumatik denně. Dále jsme pokračovali do přípravny kaučukových směsí. Zde jsem se seznámil s procesem míchání a potřebnými surovinami. Poté jsme pokračovali do výrobní haly, kde se připravují polotovary pro konfekci. Velice zajímavé bylo pogumování textilních a ocelových kordů. Zaujalo mě, že výroba se nemusí vůbec zastavit ani v případě, když dojde textilie. Vše je promyšlené a ve výrobě tedy nevznikají žádné prodlevy.

Po projití pracovišť, kde se vyrábí polotovary a různé profily z kaučukových směsí, jsme se dostali k místu, kde se mechanicky dělí výztužné materiály. Jedním z nejzajímavějších míst byla konfekce. Zde se spojí všechny předem připravené polotovary. Produkt po konfekci (surová pneumatika) již svým tvarem připomíná pneumatiku. Další zastávkou bylo pracoviště, kde se surová pneumatika lisuje a dochází k vulkanizaci.

Posledním krokem výroby je kontrola výrobků. Pneumatiky prochází nejprve vizuální kontrolou, vyhovující pneumatiky pokračují na test uniformity. Nevyhovující pneumatiky se opraví, pokud je to možné. Neopravitelné zmetky se vyřadí a znehodnotí proražením patního lana.

Tato exkurze byla velice zajímavá a přínosná. Dozvěděl jsem se spoustu nových informací.

6 Závěr

Tato práce popisuje technologický postup výroby pneumatik od potřebných materiálů, přes výrobu jednotlivých polotovarů až po konfekci, lisování a vulkanizaci. Měl jsem možnost se seznámit se všemi operacemi při odborné exkurzi ve výrobě pneumatik.

Také jsem se v práci zabýval moderními technologiemi, které se v dnešní době používají. Z důvodu zvyšování uživatelského komfortu se výrobci snaží vyrobit takové pneumatiky, aby uživatel automobilu nemusel při defektu zastavovat a měnit kolo. Další snahou je co možná nejvíce snížit valivý odpor a zároveň maximálně prodloužit životnost pneumatiky.

Nejmodernější technologií jsou bezvzduchové pneumatiky, které jsou zatím ve stádiu vývoje. Dá se očekávat, že v blízké budoucnosti se tyto pneumatiky dostanou na trh.

7 Seznam použitých zdrojů

- [1] DOČKAL, KOVANDA, HRUBEC: Pneumatiky, Vydavatelství ČVUT, Praha 1998. 71 s. ISBN: 80-01-01882-2
- [2] KYSELÁ, HUDEC, ALEXÝ. Výroba a spracovanie kaučukov a gumy. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010, 269 s. ISBN 978-80-227-3324-3.
- [3] MARCÍN: Pneumatiky – výroba, použití, údržba, Nakladatelství technické literatury, Praha 1976. 272s.
- [4] MARCÍN, ZÍTEK: Pneumatiky, Nakladatelství technické literatury, Praha 1985. 492 s.
- [5] MECHL, MUŠINSKÝ a kol.: Gumárenská technologie v Barum Continental spol. s.r.o., COP Zlín, Zlín 2011. 97s. ISBN: 978-80-905002-2-8
- [6] OLŠOVSKÝ, VAJDOVÁ, STRAPKO. Gumárenské výrobky a výroby. Púchov: Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka, 2004, 120 s. ISBN 80-8075-028-9.
- [7] AUTO-JENDA [online]. 2012 [cit. 2013-02-19]. Dostupné z WWW: <www.pneujenda.cz/historie-pneumatiky>.
- [8] Autolexicon [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z WWW: <<http://cs.autolexicon.net/articles/pneumatiky-runflat/>>.
- [9] Automotto [online]. 2012 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.automotto.com/entry/contiseal-the-world-s-first-self-repairing-tyre-from-continental/>>.
- [10] Autorevue [online]. 2013 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://www.autorevue.cz/bezvzduchove-pneumatiky-budoucnost>>.
- [11] Autorevue [online]. 2013 [cit. 2013-04-07]. Dostupné z WWW: <http://www.autorevue.cz/video/?id_video=753>.
- [12] Autosklo P&M [online]. 2009 [cit. 2013-03-05]. Dostupné z WWW: <http://www.autosklopm.cz/tr_znaceni_pneu.php>.
- [13] Auto znalosti [online]. 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.autoznalosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/12-pneumatiky-konstrukce.html>>.
- [14] Bezpečně na silnicích [online]. 2010 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z WWW: <http://bezpecnenasilnicich.cz/files/image/slozeni_pneumatiky.png>.
- [15] Brian Benchoff [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z WWW: <<http://brianbenchoff.wordpress.com/2012/04/21/reprap-filament-home-extruder/>>.

-
- [16] Continental [online]. 2013 [cit. 2013-05-11]. Dostupné z WWW:
<http://www.conti-online.cz/www/pneumatiky_cz_cz/temata/osobni_pneu/link-contiseal.html>.
- [17] České pneu [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z WWW:
<<http://www.ceskepneu.cz/index.php?page=technicke-informace>>.
- [18] Fanda [online]. 2012 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z WWW:
<<http://fanda.nova.cz/clanek/auta/konec-prazdnym-pneumatikam.html>>.
- [19] Katedra strojírenské technologie, Technická univerzita v Liberci [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z WWW:
<http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/03.htm#033>.
- [20] KEW royal botanic gardens [online]. 2013 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z WWW:
<<http://www.kew.org/plants/rubber.html>>.
- [21] Pneumatikář [online]. 2010 [cit. 2013-03-05]. Dostupné z WWW:
<<http://www.pneumatikar.cz/technicky-radce>>.
- [22] Pneu nejlevnější [online]. 2011 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z WWW:
<<http://www.pneunejlevnejsi.cz/info/pneu-runflat>>.
- [23] Q – KLUB Příbram [online]. 2013 [cit. 2013-02-19]. Dostupné z WWW:
<<http://www.quido.cz/osobnosti/goodyear.htm>>.
- [24] The online bicycle museum [online]. 2013 [2013-04-29]. Dostupné z WWW:
<<http://www.oldbike.eu/museum/tyres/pneumatic-tyres/the-pneumatic-tyre/>>

8 Seznam obrázků

Obr. 1	První patentovaná pneumatika [24]	13
Obr. 2	Přehled základních požadavků na pneumatiky [1]	15
Obr. 3	Členění požadavků na pneumatiky podle charakteristických vlastností [1]	15
Obr. 4	Hlavní části pneumatiky [14]	16
Obr. 5	Vlevo – radiální pneumatika, Vpravo – diagonální pneumatika [13]	17
Obr. 6	Stopa, kterou zanechává radiální pneumatika při provozu [13]	18
Obr. 7	Stopa, kterou zanechává diagonální pneumatika při provozu [13]	18
Obr. 8	Značení na pneumatice [12]	19
Obr. 9	Rozměry pneumatiky [17]	20
Obr. 10	Výrobní proces pneumatiky [5]	21
Obr. 11	Získávání kaučuku z kaučukodárných stromů [16]	23
Obr. 12	Hnětací stroj [19]	25
Obr. 13	Šnekový extruder [15]	27
Obr. 14	Válcování profilů na čtyřválci [5]	29
Obr. 15	Válcování fólií na tříválci [5]	29
Obr. 16	Linka pro oboustranné nánosování ocelového kordu [5]	31
Obr. 17	Linka pro oboustranné nánosování textilního kordu [5]	32
Obr. 18	Hydraulický vulkanizační lis a jeho cyklus [5]	35
Obr. 19	Porovnání runflat pneumatiky s běžnou pneumatikou [22]	38
Obr. 20	Pneumatika Contiseal [9]	38
Obr. 21	Bezvzduchová pneumatika [18]	39